Aus der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Freien Universität Berlin

Direktor: Professor Dr. med., Dr. med. dent. Ewald Harndt

DIE RAUHIGKEIT DER ZAHNOBERFLÄCHEN BEIM GENUSS SAURER NAHRUNGSMITTEL

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Joachim Liß

aus Berlin

1966

Aus der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Freien Universität Berlin

Direktor: Professor Dr. med., Dr. med. dent. Ewald Harndt

DIE RAUHIGKEIT DER ZAHNOBERFLÄCHEN BEIM GENUSS SAURER NAHRUNGSMITTEL

Inaugural - Dissertation

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Joachim Liß

aus Berlin

Dekan: Professor Dr. med. Wilhelm Maßhoff

Referent: Professor Dr. med., Dr. med. dent Ewald Harndt

Korreferent: Professor Dr. med. Hans-Joachim Dulce

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK - LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin.

Promoviert am: 3.2.66

Inhalt

I	Einleitung	2
II	Literaturübersicht	4
III	Material und Methodik	
	1. Versuchsanordnung - Die Löslichkeit des Zahnschmelzes durch Fruchtsäuren	12
	2. Versuchsanordnung - Mikrorelief=abdrucktechnik	16
	3. Versuchsanordnung - Oberflächenver=gleich von Zähnen in der Mundhöhle	18
	4. Versuchsanordnung	
	A. Die Mikrohärteprüfung der Schmelz=oberflächen	21
	B. Präparatherstellung zum elektro=nenmikroskopischen Vergleich	23
	C. Anlage und Durchführung	24
IV	Ergebnisse	27
V	Diskussion	36
VI	Zusammenfassung	39
VII	Literaturverzeichnis	41
VIII	Anhang mit Abbildungen	51

I Einleitung

Beim Genuß saurer Speisen, insbesondere saurer Früchte, kann man oftmals das Auftreten einer subjektiv recht unangenehmen Erscheinung in der Mundhöhle feststellen. Die Zahnoberflächen fühlen sich beim Abtasten mit der Zunge und beim willkürlichen oder ungewollten Kontakt der Zähne mit denen des Gegenkiefers rauh und stumpf an. Nach kurzer Zeit ist die Rauhigkeit verschwunden. Diese Wahrnehmung mag unterschiedlich sein, dem einen erscheint sie unwesentlich, dem anderen kann sie den Genuß bestimmter Obstsorten verleiden.

Vom zahnärztlichen Standpunkt ist eine Klärung dieses Vorganges von besonderem Interesse, da allgemein eine Verletzung der Oberfläche durch die entmineralisierende Wirkung der Fruchtsäuren auf den Schmelz vermutet wird, die vom Speichel her wieder kompensiert wird. So ergibt sich die Frage, ob tatsächlich eine Schädigung der Schmelzoberfläche eintritt, beziehungsweise auf welchem Wege sie wieder repariert wird.

Abgegrenzt werden soll dieses Phänomen gegenüber dem Abusus von sauren Speisen und Getränken, der, wie hinlänglich bekannt, in Kombination mit anderen ungünstigen Faktoren, Benutzung von Abrasivzahnpasten, horizontales starkes Bürsten etc. zu einer Defektbildung an den Zahnoberflächen führen kann. Haben wir die Pflicht unsere Patienten aus

kariesprophylaktischen Gründen vor dem Genuß saurer Speisen überhaupt, bei denen dies Phänomen auftritt, zu warnen ? Kommt es zu Veränderungen in der Oberfläche, das heißt zu einer Defektbildung (Erosion) und gegebenenfalls zu Gefügeänderungen in der Tiefe des Schmelzes im Sinn des inneren weißen Kreidefleckes wie bei der initialen Karies? Wie ist das Verschwinden der fühlbaren Rauhigkeit zu erklären? Wird ein eventuell entstandener Defekt durch Remineralisationsvorgänge beziehungsweise Deckschichtenbildung kompensiert, oder welche Vorgänge sind dafür verantwortlich?

II Literaturübersicht

"Meistens beobachten die Arbeiter als erstes Symptom das sogenannte "Stumpfwerden der Zähne", dasselbe Gefühl, das man bei der Einwirkung starker Fruchtsäuren auf die Zähne hat; der weitere Zerstörungsprozeß geht dann in der Weise vor sich, daß zuerst der Schmelz rauh wird, seinen Glanz und seine Festigkeit verliert."

Dieses Zitat aus einer Veröffentlichung aus dem Jahre 1932 (HÜBNER (1)) führt mitten in das schon lange bekannte und doch so wenig in seinen Einzelheiten erforschte Gebiet der Säurewirkung im menschlichen Gebiß und den daraus entstehenden Veränderungen am Schmelz der in der Mundhöhle befindlichen Zähne.

Schon vor hundert Jahren haben einzelne an diesen Vorgängen Interessierte ihre Stimmen warnend erhoben, um ihre Kollegen auf die Zerstörung der Zähne aufmerksam zu machen, hervorgerufen durch die Wirkung der Säuren in Gewürzen, aber vor allem in Medikamenten (ALLPORT (2), NAPIER (3)). Andere wieder klagten die freie Salzsäure des Magens an, bei häufigem Erbrechen eine Zahnanlösung zu bewirken, CASTLE (4), WELD (5). Letzterer versuchte eine Differenzierung der organischen zu den anorganischen Säuren bezüglich ihres Wirkungsgrades durchzuführen. Interessant für die damalige Zeit ist seine Feststellung, daß es nicht immer die stärkste Säure ist, die den Schmelz auflöst, sondern daß dies eine Sache der

"Fluidität und Solubilität" sei.

Vorher schon findet man die ersten Hinweise auf die nachteilige Wirkung der Fruchtsäuren; so bei MANTEGEZZA (6), LATIMER (7), deren Beobachtungen aber erst 30 - 40 Jahre später wieder aufgegriffen werden.

Mit dem Beginn der chemischen Industrie häufen sich die uns heute noch als Gewerbesäureschäden bekannten Gebißverstümmelungen unter den Beschäftigten.
VOGT (8) prägt 1898 den Begriff der Zahnnekrose durch Säuren. Am meisten davon befallen waren Arbeiter in Fabriken, in denen anorganische Säuren, vor allem Salz-, Schwefel- und Salpeter= säuren hergestellt oder ständig verwendet wurden. Vergleiche ABLOFF (9), BLUM (10), THOLUCK (11), HENTZE (12), WETJE (13). Gleiche Schädigungen beschreibt MISCH (14), wenn auch seltener, durch die Einwirkung organischer Säuren wie Essig-, Wein - und Zitronensäure. Die Beschaffenheit der Luft, das heißt ihr Gehalt an Säuredämpfen oder sogar feinsten Tröpfchen, die besonders bei Mundatmung mit den Zähnen in Berührung kommen, spielt hierbei eine ausschlaggebende Rolle. So stellt KIRSTEIN (15) in Akkumulatorenräumen, in denen größere Mengen zwanzigprozentiger Schwefelsäure vorhanden war im Kubikmeter Luft 75 - 85 mg, ja sogar maximal 130 mg konzentrierter Schwefelsäure fest. Die Zähne erfahren dabei einen dauernden Substanzverlust durch Auflösung organischer und anorganischer Substanzen, der im Gegensatz zur Karies

glatte Flächen schafft. Vorwiegend werden nur Frontzähne befallen, und zwar nie ein einzelner Zahn, sondern immer gleichzeitig die gesamte Front des Ober- oder Unterkiefers. Das Kleinerwerden der Zähne ist für den Betroffenen deutlicher Ausdruck des Substanzverlustes. Ebenso nimmt der Durchmesser in approximaler und saggitaler Richtung ab. Die Ecken runden sich so ab, daß der einzelne Zahn mehr einem Knopf oder Stift ähnelt und seine ursprüngliche charakteristische Form völlig verliert. Auf diese Weise kommt es zur Lückenbildung zwischen den Nachbarn. Davon unterschieden werden muß die zweite charakteristische Form, die durch Substanzverlust an den lingualen und labialen Flächen zu schräg verlaufenden Schliffen führt. Im Endstadium, wenn noch ein Stumpf vorhanden ist, legt sich die Gingiva darüber und verhindert so ein Fortschreiten des Prozesses. Beide Formen der Einschmelzung der Zahnhartsubstanzen verlaufen in allen Stadien ohne jede Reaktion der Gingiva, acute Pulpitiden werden nicht beschrieben. Von subjektiven Symptomen werden von den Patienten übereinstimmend als erste Erscheinung ein Stumpfwerden der Zähne angegeben, dem später eine Hypersensibilität gegen thermische und chemische Reize folgt, die durch Temperaturschwankungen oder bei der Aufnahme süßer und saurer Speisen vermittelt werden. Erreicht eine rapide fortschreitende Destruktion die Nähe des Cavum Pulpae verschwinden durch Infektion und daran anschließenden Gangrän der Pulpa auch diese Symptome.

Bei der Frage nach der Ursache dieser Zerstörung haben sich die Forscher in erster Linie mit den Konzentrationen der Säuren beschäftigt. MILLER (16,17) fand, daß verschiedene Säuren mit wechselnder Intensität auf die Zahnhartgewebe wirken. So standen an erster Stelle ihrer Wirkung nach die Salzsäure und die Salpetersäure. Bei starken Konzentrationen hielt die Zerstörung mit der Entkalkung des Schmelzes Schritt, bei schwacher Konzentration blieb die Zerstörung zurück, die "penetrierende Wirkung der Entkalkung" stand im Vordergrund. Teilweise wurden Gewichtsverluste an den Versuchszähnen festgestellt. STEGEN (18), der sich sehr systematisch und eingehend mit dem Gebiet befaßt hat, zeigt an makroskopischen und röntgenologischen Befunden Unterschiede in der Einwirkung verschiedener Säuren. Wesentlich ist die Feststellung von ERLEMANN (19) und HEAD (20), daß der Speichel infolge seiner Alkaleszens die Wirkung der Säuren in der Mundhöhle erheblich herabsetzt. An den Ausspruch aus WALTER (21) "Säuren in Arzneien bewirken Rauhwerden des Schmelzes, so daß der Fortgang der Caries nicht behindert ist", knüpft PEETZ (22) eine Arbeit an, die sich mit der Auswirkung gering konzentrierter Säuren unter Speichelzusatz befaßt. Sie faßt zusammen, daß ein häufig wiederholter Kontakt auch schwacher Säuren zum Rauhwerden der Zähne führt und der Caries Vorschub leistet.

Die klassische Millersche Caries - Theorie, deren Grundgedanke mangels genauer Kenntnisse der Ätiologie des pathologischen Prozesses der Zahnhartgewebe heute wie damals Geltung besitzt, veranlaßte natürlich im Rahmen einer Grundlagenforschung mit subtilen Methoden den Vorgängen bei der Säureeinwirkung auf den Schmelz nachzuspüren. Um nur einige von Ihnen zu erwähnen hat MÜHLEMANN (23) 1960 in-vitro Versuche unternommen, in denen durch die Abdrucktechnik der Zahnoberflächen und Polarisations- und lichtoptische Untersuchungen von Zahnschliffen, die verschiedenen Formen der Destruktion der Zahnhartsubstanzen sichtbar gemacht wurden, die durch Anätzung ungepufferter oder gepufferter Säuren oder durch Chelation entstanden waren. Die bei der Entkalkung meßbare Phosphatabgabe ist deutlich unterschiedlich bei der Enistehung oberflächlicher und tiefer gelegener Zerstörung, wie im Sinne der inneren Hypoplasien, ("inner white spot") .

Auch MANNERBERG (24, 25) beschreibt 1960 in zwei Arbeiten an Bildern, die mit Hilfe der Replicamethode hergestellt worden sind, die Veränderung der Schmelzoberfläche nach Entkalkung. Er differenziert die latente von der manifesten Erosion und stellt fest, daß bei der ersteren eine anorganische Schicht schnell aufgelöst, aber durch den Speichel auch schnell wieder abgelagert wird. Bei der manifesten Erosion findet er keine Reparation mehr. Es lassen sich jedoch keine Verbindungen herstellen, die der hier zu beantwortenden speziellen Fragestellung, der Rauhigkeit nach kurzzeitiger Säure-

einwirkung, entsprechen.

Viele andere Autoren haben sich mit der Löslichkeit des Schmelzes auseinandergesetzt, (vgl. SWARTZ und PHILLIPS (26), SULLIVAN (27), KRAUS (28), MÖRCH, TORELL und HALS (29), BUONOCORE und BIBBY (30), GRAY und FRANCIS (31), HEKNEBY (32), LOVESTEDT (33), MC CLURE (34), MULLER und THOMAS (35), PRADER (36), SHULMAN und ROBINSON (37) ohne aber der Zielsetzung der vorliegenden Fragestellung zu entsprechen.

Eine Lösung des Zahnschmelzes durch Fruchtsäuren glaubt GRAF (38) 1953 dadurch nachzuweisen, daß er extrahierte Zähne über mehrere Wochen verschiedenen Säuren aussetzt und den dabei entstehenden Gewichtsverlust durch Wägung bestimmt.

Die 1962 von MANNERBERG (39) veröffentlichte Arbeit weist auf eine Gruppe von Autoren hin, die sich im besonderen mit der Einwirkung von Fruchtsäuren auf den Schmelz der im Munde befindlichen Zähne befassen. HOLLOWAY und MELLANBY (40) beschreiben Erosionen bei überdurchschnittlichem Konsum fruchtsäurehaltiger Nahrungsmittel und saurer Tafelgetränke. MÜHLEMANN (41) führt zahlreiche idiopathische und genuine Erosionen auf die entkalkende Wirkung von Nahrungsmitteln und Säften (Coca Cola) zurück und gibt ein alkalisch wirkendes Medikament zum Schutz vor Schädigungen an. Immer steht jedoch bei diesen Mitteilungen der Abusus im

Vordergrund, so daß eine direkte Anknüpfung an diese Arbeiten für das hier zu behandelnde Problem nicht möglich ist.

1952 beschreibt KNAPPWOST (42) in der Resistenztheorie der Caries die Möglichkeit der Reparatur eines initialen Korrosionsdefektes durch ausfallende Hydroxylapatitdeckschichten des Speichels.

1963 veröffentlicht MANNERBERG (43) eine Abhandlung, in der er ausführt, welche Rolle der Speichel bei der Reparation der latenten Erosionen spielt, bzw. wie dieser Defektausgleich durch hohen Mucingehalt verhindert wird. Auch der bei uns theoretisch zu erwartende Defekt muß ja eine sogar sehr schnelle Ausheilung erfahren. Leider konnte die Frage der Remineralisation des Zahnschmelzes noch keiner endgültigen Klärung zugeführt werden. WEBER (44) findet keine Ca - Aufnahme durch die Zahnhartsubstanzen aus dem Speichel, eher eine verstärkte Abgabe bei chemisch vorbehandeltem Schmelz. KRAUS (28) hält eine Remineralisation über das in den "Prismenschläuchen" enthaltende Calciumproteinat für möglich. WOLF und NEUWIRTH (45), RHEINWALD und STAEHLE (46), SCHLATTER (47) und KOULOURIDES (48) finden eine Defektkompensation durch reparative Vorgänge, für die sie in erster Linie den Speichel verantwortlich machen. NAESLUND (49) spricht ihm eine bedeutende Schutzwirkung gegen Fruchtsäfte und andere schwache Säuren in ihrer Wirkung auf die Zähne durch Pufferung zu und betont, daß ein Schutzmechanismus durch Remineralisation nicht auszuschließen sei.

Welcher Art diese Defekte überhaupt sind und auf welche Weise sie eine Reparatur erfahren, soll durch die folgenden Untersuchungen möglichst einer Klärung zugeführt werden.

III Material und Methodik

1. Versuchsanordnung.

Um über die Vorgänge des Phänomens Klarheit zu gewinnen wurde von folgender Arbeitshypothese ausgegangen:

Schmelzoberfläche + Fruchtsäure = Demineralisation
(Schmelzdefekt, Rauhigkeit)

Defekt + Speichel = Remineralisation
(Wiederherstellung der glatten Schmelzoberfläche)

Dabei war zunächst die Löslichkeit des Zahnschmelzes durch Fruchtsäuren makroskopisch zu überprüfen, bzw. bei welchem pH Wert der Reaktionsmechanismus abläuft, und ob der Speichel eine pH Verschiebung bewirkt.

Hierzu wurde folgendermaßen verfahren:

Aus den das Phänomen der rauhen Zahnoberflächen sicher auslösenden Fruchtsorten wurde jeweils ein Eluat in folgender Weise hergestellt:

Zitrone

Auspressen von 10 Zitronen, deren Schale chemisch unbehandelt war und viermaliges Filtrieren ergab 200 cm^3 leicht getrübten wasserähnlichen Saft.

Rhabarber:

2 Pfund gereinigte Rhabarberstangen wurden gestückelt und mit einem halben Liter Wasser unter Umrühren aufgekocht; nach Absetzenlassen Abgießen des flüssigen Bestandteiles, nach 10 maligem Filtrieren verblieben 350 cm^3 einer klaren roten Flüssigkeit.

Apfel

2 Pfund saure Äpfel wurden geschält, mit einem halben Liter Wasser gekocht und nach Abkülung 10 mal filtriert, um 300 cm^3 klaren Apfelsaft zu erhalten.

In diesen Flüssigkeiten wurde der pH Wert wiederholt bestimmt.

Am selben Tag wurden drei guterhaltene kariesfreie obere Frontzähne vorsichtig ohne Verletzung der Schmelzoberfläche extrahiert, die Wurzel mit Hilfe einer Nylonscheibe unter Wasser von der Krone getrennt, diese nach sorgfältiger Reinigung von Belägen mit aqua dest. und weicher Bürste in axialer Richtung halbiert.

Die fortlaufend numerierten Kronenhälften 1 + 2 = erster Zahn, etc. wurden derart in Kunststoff eingeschlossen, daß auf der labialen Schmelzoberfläche ein Fenster von 2 mal 2 mm im Quadrat freiblieb. Während dieser Vorbereitungen wurden die Schmelzoberflächen mit frischem Speichel vor Austrocknung geschützt. Im Wasserbad von 37°C wurden die so hergestellten Prüfkörper im Reagenzglas mit Fruchtsaft und aqua dest. 1 : 1, bzw. Fruchtsaft und Speichel 1 : 1 geschüttelt und nach 2, 5 und 10 Minuten je 2 ml zur pH Bestimmung entnommen. Sie erfolgte mit dem elektrischen "Präzisions-pH - Meter pH 35", handelsüblichen Glaselektroden und Eichlösungen.

In der umseitigen Tabelle ist ersichtlich, daß für jeden der drei Fruchtsäfte vier Ansätze (a - d) bereitgehalten wurden. Ansatz a bestand aus dem jeweiligen Fruchtsaft und aqua dest. im Verhältnis 1 : 1 um den pH Wert des Saftes in jeweils der gleichen Menge Lösung bestimmen zu können. Ansatz b bestand aus Fruchtsaft und Speichel 1 : 1 um ebenfalls den pH Wert zu ermitteln. In den Ansätzen c und d war eine Schmelzfacette zugegeben, um später eine Aussage über deren Löslichkeit bei bestimmtem pH treffen zu können.

Wie erwartet trat im Ansatz d, d.h. ohne Speichelzusatz, eine makroskopisch sichtbare Veränderung der Oberfläche der gefensterten Schmelzfacetten ein. Im Bereich des Fensters erschien die Oberfläche stumpf und aufgerauht, woraus eine Farbveränderung von opak nach weiß resultierte.

Mit Speichelzusatz jedoch war keine sichtbare Veränderung des Schmelzes aufgetreten, obwohl sich die Wasserstoffionenkonzentration nur um unerhebliche Beträge erniedrigt hatte.

Es drängt sich die Frage auf, ob an den Facetten im Ansatz c, der ja den Gegebenheiten der Mundhöhle in etwa entsprechen soll, nicht doch eine Anlösung stattgefunden hat. Sind die Kontrollmöglichkeiten zu grob, um eine geringe Anlösung, die im Munde zur Rauhempfindung ausreichend wäre, festzustellen?

Tabelle I

Die Wasserstoffionenkonzentration von verschiedenen Fruchtsäften und Fruchtsaft-Speichel=gemischen bei Schmelzlöslichkeitsversuchen unter Berücksichtigung des Zeitfaktors.

(Prüfkörper PK = Schmelzoberfläche von 2 mm im Quadrat.)

	2 min	5 min	10 min
Zitronensaft (ZS)			
a) ZS + aquadest 1 : 1	2, 34	2, 34	2, 34
b) ZS + Speichel 1 : 1	2, 50	2, 50	2, 51
c) ZS + Speichel 1 : 1 + Pk1	2, 50	2, 50	2, 50
d) ZS + aquadest 1 : 1 + Pk2	2, 34	2, 34	2, 35
Rhabarber (RS)			
a) RS + aquadest 1 : 1	3, 28	3, 28	3, 28
b) RS + Speichel 1 : 1	3, 50	3, 41	3, 42
c) RS + Speichel 1 : 1 + Pk3	3, 50	3, 44	3, 44
d) RS + aquadest 1 : 1 + Pk4	3, 30	3, 30	3, 31
Apfelsaft (AS)			
a) AS + aquadest 1 : 1	3, 55	3, 54	3, 55
b) AS + Speichel 1 : 1	3, 81	3, 85	3, 84
c) AS + Speichel 1 : 1 + Pk5	3, 81	3, 82	3, 82
d) AS + aquadest 1 : 1 +PK6	3, 56	3, 55	3, 56
Speichel	6, 75		

2. Versuchsanordnung.

Mikroreliefabdrucktechnik

Auf der Suche nach einem Weg diese Frage zu klären bietet sich die mikroskopische Kontrolle der Veränderungen der Schmelzoberfläche an.

Zur Verwendung kam eine in den Grundzügen von WOLF (50) 1939 angegebene und von SCOTT und WYCOFF (51) und HEUSER (52) weiter modifizierte Mikroreliefabdrucktechnik, die kurz beschrieben werden soll:

Eine in Aceton angelöste Elektroisolierfolie, in diesem Falle Triafol BN 0,03 wird auf die abzuformende Oberfläche gebracht. Nach Verdunsten des Acetons kann die nun wieder fest gewordene Folie vorsichtig durch Abziehen entfernt werden. Auf der Unterseite gibt sie ein genaues negatives Abbild der betreffenden Oberfläche wieder. Nach Befestigung auf einem Objektträger mittels Deckglas und zweier Tesafilmstreifen kann dieser Abdruck jetzt im Mikroskop im durchfallenden Licht betrachtet werden. Die sogenannte schiefe Beleuchtung, die man erhält, wenn man die Kondensorblende verengt und den gesamten Kondensor aus der zentralen Stellung in Richtung Dunkelfeld (also seitlich) verschiebt, gibt ein äußerst plastisches Reliefbild, das schon

bei geringen Vergrößerungen das Bild der Schmelzoberfläche im Auflichtmikroskop, das ja durch Reflexe gestört wird, bei weitem übertrifft. Mit Hilfe dieser Technik wurden von den im ersten Vorversuch verwendeten Kronenhälften, nachdem durch vorsichtiges Aufbrechen der Kunststoffkörper die Schmelzoberfläche freigelegt worden war, Abdrücke gewonnen. Die Auswertung dieser Abdrücke bei Vergrößerungen von etwa 200 - 600 fach ergab folgendes:

Bei den Prüfkörpern 1, 3 und 5, d.h. bei denen, die nur im Speichel dem Fruchtsaft ausgesetzt wurden (vergleiche hierzu Tabelle 1 S. 15) war die Grenze der Fensterung nicht zu bestimmen. Die Schmelzoberfläche wies keine mikroskopisch sichtbare Veränderung auf.

Bei den Prüfkörpern 2, 4 und 6 jedoch, die dem reinen Fruchtsaft über 10 Minuten ausgesetzt waren, konnte schon makroskopisch das Fenster bestimmt werden. Hier war eine kalkig - kreidige Verfärbung und ein Verlust des Oberflächenglanzes eingetreten. Eine mikroskopische Untersuchung der Triafolabdrücke ließ an der Grenze der Fensterung, zwischen abgedeckter und offener Schmelzoberfläche, den Grad und das Ausmaß der Veränderung deutlich werden. Abbildung 1 zeigt einen solchen Ausschnitt in 300 facher Vergrößerung. Rechts im Bild (man beachte, daß es sich um ein Negativ der Schmelz-

oberfläche handelt) ist die normale unverletzte Schmelzoberfläche sichtbar, bei den Erhebungen, die etwa waagerecht verlaufen handelt es sich sicher um Schleifspuren, wie sie auf fast allen Zahnoberflächen aufzufinden sind. Links im Bild, hier erhaben, erkennt man eine echte Erosion. Das bienenwabenartige Muster wird durch Freilegung der Prismenköpfe nach Entkalkung der an sich glatten Oberfläche gebildet.

Hiermit konnte also an den Schmelzfacetten aus der ersten Versuchsanordnung, die mit reinem Fruchtsaft behandelt worden waren, ein eindeutig zu beschreibender Defekt am Schmelz morphologisch sichtbar gemacht werden. An den durch Speichelzusatz geschützten Schmelzoberflächen war auf diese Weise keine Veränderung zu bemerken.

3. Versuchsanordnung

Oberflächenvergleich von Zähnen in der Mundhöhle.

Die Diskrepanz zwischen der eingangs aufgestellten Hypothese und den schon gesammelten Erfahrungen macht es notwendig, den tasächlichen Gegebenheiten, wie sie auf der Schmelzoberfläche intakter Zähne in der Mundhöhle bei dem Genuß saurer Speisen vorhanden sind, nachzuspüren. Hierfür eignet sich die Abdruck= technik hervorragend, sie gestattet das Fixieren des Zustandsbil= des der Schmelzoberfläche in einem beliebigen Zeitpunkt des in vivo Versuches und einen späteren Vergleich.

Folgende Anordnung wurde getroffen:

Bei 10 Probanden (Kandidaten der Zahnmedizin) wurde an den beiden mittleren oberen Incisivi eine mit bloßem Auge eben noch sichtbare kleine Markierung auf der Labialfläche mit einer spitzen Sonde angebracht. Diese beiden Flächen wurden dann mit aqua dest. und Wattebausch vorsichtig und sorgfältig von Belägen gereinigt, luftgetrocknet und dann mit Triafol im Bereich der Markierungen abgeformt. Dann aßen die Probanden entweder Äpfel, Zitronenscheiben oder Rhabarber, diesen in Form eines Kompotts; aus derselben Fruchtsorte war jeweils vorher das Eluat für Versuch 1 hergestellt worden. Verspürte der Betreffende dann eine deutliche Rauhigkeit oder ein Stumpfsein der Zahnoberflächen wurde sofort, wie oben beschrieben, ein Abdruck im Bereich der Markierung genommen. Nach dem Abklingen der Rauhigkeit wurde ein dritter Abdruck angefertigt.

Die Abbildungen 3, 4, 5 sollen dem Leser den Vergleich ermöglichen. Sie stehen in der Reihenfolge:

Abbildung 3: labiale Flächen von + 1 direkt vor dem Genuß von Zitronenscheiben, Aufnahme an der inicialen Spitze der Markierung, die durch den Sondeneindruck entstanden ist, orientiert!

Abbildung 4: Nach 2 Minuten Einwirkungszeit des Zitronensaftes bei deutlich empfundener Rauhigkeit aller Zähne, besonders der Frontzähne im Kontakt miteinander; dieselbe Orientierung der Aufnahme.

Die bei der 300 fachen Vergrößerung in Abbildung 3 noch sichtbaren Belagsspuren sind hier größtenteils abgeschwemmt, der schräg in der Aufnahme verlaufende Kratzer ist neben anderen kleineren deutlicher sichtbar geworden.

Abbildung 5: Nach 3 Minuten, der Proband gibt an, er empfände keine Rauhigkeit mehr, wird ein Abdruck genommen, den diese Aufnahme wiedergibt. Im Bereich der Markierung ist eine Anhäufung von Körperchen in der Größenordnung bis zu 5 µ eine geringe Verschmutzung, sichtbar. Die Kratzer der Oberfläche sind beinahe noch deutlicher geworden. Eine Veränderung der Oberfläche und der durch die Verschiebung bzw. Verschmierung von Hydroxylapatitkristallen ineinander entstandenen Markierung ist nicht erkennbar. In Abbildung 4 tritt keine sichtbare Anlösung auf, eine Freilegung auch nur einzelner Prismenköpfe, eine Vertiefung der Markierung ist nicht feststellbar. Ebenso ist die in Abbildung 5 zu erwartende Ausfüllung der Markierung oder zumindest der Kratzer durch Kalksalzniederschläge aus dem Speichel nicht sichtbar.

Die von den Zähnen in der Mundhöhle genommenen Abdrücke vor, während und nach Abklingen der Rauhempfindung zeigen keine morphologischen Veränderungen. Die Tatsache, daß bei Vergrößerungen bis zur Grenze des Auflösungsvermögens des Lichtmikroskopes kein Befund zu erheben ist, läßt den Verdacht aufkommen, daß der Schmelz der im Munde vom Speichel benetzten Zähne bei so kurzzeitiger Säureeinwirkung keinerlei

auf diese Weise sichtbar zu machenden Veränderung erfährt.

4. Versuchsanordnung

Zur endgültigen Klärung der Frage nach den morphologischen Veränderungen der Schmelzoberfläche bei dem aufgeführten Phänomen kann nur eine Erweiterung durch Anwendung neuer Prüfmethoden führen. Als eine solche wurde die Kombination der Mikrohärteprüfung mit der Auswertung von Oberflächen= präparaten durch das Elektronenmikroskop angewandt. Durch die schon erwähnte Abdrucktechnik können durch sinnvolle An= ordnung des Versuches Zustandsbilder innerhalb der drei interessierenden Phasen:

vor Rauhigkeit bzw. Fruchtgenuß

während empfundener Rauhigkeit

nach Abklingen der Empfindung gewonnen werden.

Zum besseren Verständnis sei hier kurz auf die beiden Techniken eingegangen.

A: Die Mikrohärteprüfung der Schmelzoberflächen:

In Anlehnung an die Versuche von :

HEAD (53) , SCHIRBORT (54), ATKINSON und SAUNSBURY (55), LENZ (56), STEIN (57) und MEIER (58) wurde der Kleinhärteprüfer Durimet der Firma Ernst Leitz, Wetzlar benutzt. Mit Hilfe eines belasteten Diamanten wird in dem zu prüfenden Material ein Eindruck erzeugt, der nach optischer Vermessung und Umrechnung des Wertes einen techni= schen Härtegrad je nach verwendetem Diamanten ergibt.

Die Prüfeindrücke wurden hier mit Hilfe eines Knoopdiamanten erzielt. Da dieser im Gegensatz zum Vickers - Diamanten relativ große, etwa 4-5 mal längere Eindrücke bei geringerer Eindrucktiefe ergibt, kann man so bei hartem Prüf= material die Meßgenauigkeit steigern. Der kleinste, von dem Auflösungsvermögen der Optik abhängige Einstellungsfehler beträgt etwa $\pm$ 0,2 µ. Da er mit dem Quadrat in die Härtebe= rechnung eingeht, vermag man ihn nur durch große Prüfeindrücke bei $\pm$ 2-3% zu halten. Aus diesem Grunde wurde der Knoopdiamant verwandt. Die Länge der großen Diagonale konnte unmittelbar nach Herstellung eines Eindruckes durch ein fest eingebautes Meßmikroskop in µ bestimmt werden. Aus der Formel:

$$HK = \frac{14230 \times P}{l^2}$$

wobei HK = Knoophärte in, kg/mm^2

P = Prüfkraft in Gramm

l = Länge der Eindruckdiagonalen in µ

ist dann die Knoop'sche Härte zu ermitteln.

Bei den Versuchen betrug das Prüfgewicht 200 g, die Ablaufzeit des Prüfkörpers 18 sec. und die Einwirkzeit 10 sec. Für die Härteprüfung im Durimet ist eine völlig plane Prüffläche Be= dingung. Der Zahn mit natürlicher d.h. unbearbeiteter Schmelz= oberfläche ist daher ein denkbar ungünstiger Prüfkörper. Bei der angestrebten vergleichenden Härteprüfung wird für die Eindruckreihen eine Fläche von ca. 1 mm^2 benötigt. Von der Überlegung ausgehend, daß eine so kleine Fläche, wenn sie

bei 400 facher Vergrößerung im Auflichtmikroskop überall ohne Nachstellung des Mikrotriebes scharf erscheint, d.h. im Bereich der Tiefenschärfe liegt, zeigt es sich, daß sie auch plan genug für den Eindruck-und Meßvorgang im Durimet ist. Bei 100 frisch extrahierten Zähnen wurden 20 solcher Flächen gefunden, zumeist an den Labialflächen unterer, weniger oberer Frontzähne. Diese Flächen der Kronen wurden durch Ritzen an ihren äußeren Rändern markiert, die Wurzel und der orale Kronenteil (von der Pulpa her gesehen) mit Hilfe einer Nylon= scheibe unter Wasser abgetrennt, so daß eine Facette entstand.

B: Präparatherstellung zum elektonenmikroskopischen Vergleich

Ein Teil dieser Facetten wurde zu vergleichenden elektronenopti= schen Untersuchungen zu wechselnden, festgelegten Zeiten des Versuches entnommen. Sie wurden nach Einbettung in Metakrylat mit einer Prallelschleifmaschine in ca. 500 μ starke Schliffe, Schliffebene senkrecht zur Schmelzoberfläche, zerlegt. Nach Einbettung in Gelatinekapseln konnten jetzt senkrecht zu diesem Schliff von der Oberfläche ausgehend Schnitte von ca. 400 Å mit einemDiamantmesser im LK B Ultrotome 4800 A angefertigt werden, die dann eine Untersuchung mit dem Elmiskop 1 A der Firma Siemens bei 80 kV möglich machten.

Eine Schwierigkeit in der technischen Durchführung stellte die Tatsache dar, daß weitere Versuche nur sinnvoll sein konnten, wenn sie an der Oberfläche unverletzter Zähne die sich in der Mundhöhle befinden mußten, vorgenommen wurden. Auf den

Gipsmodellen der Unterkiefer einer weiblichen und einer männlichen Versuchsperson wurden Kunststoffkörper herge= stellt, die als vestibuläre Platte zur Fixierung einiger Schmelz= facetten dienten (siehe Abbildung 2) . Sie wurden in einer Ver= suchsreihe ununterbrochen getragen, um

a) eine Austrocknung des Schmelzes mit Sicherheit verhindern zu können

b) die Bildung eines exogenen Schmelzoberhäutchens auf den zu prüfenden Flächen zu erzielen nach L. KLESS und K . KLEES (59) und SCHÜLE (60)

c) eine Kontrolle im Munde darüber zu haben, ob auch auf ihnen das Gefühl der Rauhigkeit wie auf den anderen Zähnen im Versuch auftritt.

Diese Anordnung ermöglicht ebenfalls durch Herausnehmen der Facetten aus dem Kunststoffkörper und späteres Wieder= einsetzen durch schnellhärtenden Kunststoff eine Härteprüfung der Schmelzoberflächen zu den Zeitpunkten unmittelbar vor, während und nach Säureeinwirkung bzw. Abklingen der Rauhig= keit. Ferner gestattet sie in den einzelnen Versuchspunkten Schmelzflächen zu entnehmen, die einem späteren elektronen= optischen Vergleich dienen können.

C: Durchführung:

I a) Nach 48 stündiger ununterbrochener Tragezeit des Kunst= stoffkörpers im Vestibulum der Unterkiefer - Front wurden alle Facetten herausgeschnitten und mit Metakrylat so

gesockelt, daß die zu prüfende Fläche plan zur Auflagefläche des Sockels eingestellt war. Dann erfolgte

I b) Knoop' sche Härteprüfung in den markierten Flächen aller Facetten mit 6 Prüfeindrücken je Fläche.

I c) Adhäsionsreliefabdrücke innerhalb der markierten Schmelzoberfläche mittels Triafol - Aceton.

I d) Aufschleifen einer Schmelzfacette und Schneiden mit Hilfe des Diamantmessers im Ultramikrotom.

I e) Wieder Fixieren der anderen Facetten im Kunststoff, Einbringen in die Mundhöhle.

II a) Genuß saurer Äpfel bis das Gefühl "rauher Zahnoberflächen" auftritt, sofortiges Herausnehmen aus der Mundhöhle, Entfernen aller Facetten aus dem Kunststoffkörper und sockeln.

II b) Knoop' sche Härteprüfung in unmittelbarer Nähe alter Eindrücke mit Hilfe von jetzt 7 Prüfeindrücken je Facette.

II c) Reliefabdrücke der Schmelzoberflächen.

II d) Schleifen und Schneiden einer Facette.

II e) Fixieren der anderen im Kunststoffkörper und Einbringen in die Mundhöhle.

III a) Abwarten bis auch auf den dort angebrachten Schmelzfacetten, nach durchschnittlich 2 bis 6 Minuten, keinerlei Rauhigkeit mehr spürbar war.

III b) Knoop' sche Härteprüfung mit nunmehr 8 Eindrücken je Facette.

III c) Triafol Abdrücke.

III d) Aufschleifen und Schneiden der letzten verbliebenen Schmelzfacetten.

IV Ergebnisse

Zur Gegenüberstellung sind die Ergebnisse der 3 ersten Versuchsanordnungen hier nochmals kurz zusammengefaßt wiedergegeben. Eine ausführliche Besprechung war im Anschluß an die einzelnen Versuche sinnfällig, um die daraus folgernden Bedingungen für die 4. Versuchsanordnung, deren Ergebnisse hier dargelegt werden sollen, bestimmen und erläutern zu können.

1. Versuchsanordnung

Der Zahnschmelz erfuhr durch die Fruchtsäfte, die im Munde das Gefühl der Rauhigkeit vermitteln, eine Anlösung!

Schon nach 2 Minuten, nach 5 und 10 Minuten jedoch deutlich sichtbar, wurden die Anteile der Schmelzoberflächen, die nicht in Kunststoff eingeschlossen waren unter Verlust des Glanzes kalkig-kreidig verfärbt. Der pH der dabei verwandten Lösungen betrug bei

Zitronensaft 2,34 - 2,35

Rhabarbersaft 3,30 - 3,31

Apfelsaft 3,56 - 3,55.

Wesentlich ist jedoch, daß bei Zugabe von Speichel zum reinen Fruchtsaft im Verhältnis 1 : 1 im Beisein eines Prüfkörpers eine nur unerhebliche Verschiebung des pH in 2, 5 und 10 Minuten zu verzeichnen war.

Trotz dieser Tatsache erfuhren die Prüfkörper 1, 3 und 5 in den Fruchtsaftspeichelgemischen nun keine makroskopisch feststellbaren Verletzungen des oberflächlichen Schmelzes mehr.

2. Versuchsanordnung

Nur die Schmelzoberfläche, die reinem Fruchtsaft ausgesetzt wurde, zeigte eine Erosion, d.h. eine Auflösung der in der Oberfläche befindlichen Hydroxylapatitkristalle. Durch Frucht= saft-Speichelgemische entstanden in 10 Minuten keine lichtmi= kroskopisch sichtbar zu machenden Defekte.

3. Versuchsanordnung

Mit Abdrücken von in der Mundhöhle befindlichen Zähnen kann während oder nach dem Genuß von Fruchtsäften, die eine Rauh= empfindung auslösen, keine Veränderung der Morphologie der Schmelzoberfläche festgestellt werden.

4. Versuchsanordnung

1) Oberflächenvergleich (siehe Abbildung 6 - 8 und 9 - 11)

Die Triafolabdrücke der Schmelzfacetten, die an einem prothesenähnlichen Körper befestigt und im Munde getragen wurden, gestatten eine exakte Gegenüberstellung der Oberflä= chenbeschaffenheit neben den Prüfeindrücken in den einzelnen Stadien des Versuches.

Aus der Anzahl der Eindrücke

5 + 1 Eindrücke = vor Rauhigkeit

5 + 2 Eindrücke = während Rauhigkeit

5 + 3 Eindrücke = nach Rauhigkeit

ist der Zeitpunkt innerhalb der Versuchsanordnung, die dabei durch= laufen wird, leicht ablesbar. Beim Vergleich der Abbildungen

sind vor, während und nach Behandlung der Schmelzoberflächen ebenfalls keine sichtbaren Veränderungen eingetreten. Weder ist eine Vertiefung von Kratzern oder Schrammen noch eine Aufrauhung der Oberfläche mit Hervortreten der Prismenköpfe zu bemerken. Wenn in kleineren Bereichen Prismenköpfe freigelegt sind, als Hinweis auf einen Substanzverlust, so ist dieser Befund schon im Anfangsbild zu erheben und erfährt keine Veränderung. Gerade diese Feststellung zeigt, wie wichtig eine exakte Gegenüberstellung der gleichen Flächen vor, während und nach der Empfindung der Rauhigkeit ist. Hierin liegt ein wesentlicher Vorteil der angewandten kombinierten Methodik.

2. Härteprüfung

Man kann von einer unveränderten Schmelzoberfläche nicht ohne weiteres darauf schließen, daß im Schmelz, d.h. auch in der Tiefe, keine Veränderung stattgefunden hat. LENZ (56) konnte in Studien über den künstlichen weißen Kreidefleck nachweisen, daß bei der Einwirkung saurer Gelatine als Beispiel, bei nahezu erhaltener Oberfläche eine Erweichung des Schmelzes durch Auflockerung des tieferen Gefüges eintreten kann. Die Mikrohärteprüfung hat sich als feiner Indikator bei diesen Erweichungen erwiesen.

Von den 20 verwendeten Facetten sind nur 6 zur endgültiger Auswertung gelangt. Bei der Wiederholung der Härteprüfung besteht die Schwierigkeit darin, diese Prüffläche mit Hilfe von

Kaltpolymerisat wieder plan zur Auflagefläche des Durimet einzustellen, da die Facette ja aus dem Kunststoffkörper, auf dem sie im Munde getragen wurde, herausgeschnitten werden mußte. Treten hier auch nur geringe Abweichungen von der ursprünglichen Ebene ein, so erscheinen die Prüfeindrücke so verzerrt, daß sie nicht auszuwerten sind. Trotz Arbeiten mit der Handpresse beim Herstellen der Kunststoffsockel der Facetten und deren Dreipunktauflage über hartem Plastilin ist die alte Ebene nie völlig wieder zu finden. Hierin ist auch die Erklärung für die zum Teil geringfügige und anders nicht deutbare regelmäßige Abweichung in den jeweiligen Meßreihen zu finden.

In der Tabelle II sind die Meßwerte der sechs Schmelzfacetten wiedergegeben, die auch in der letzten Phase des Versuches durch symmetrische Eindrücke des Prüfdiamanten eine sichere Auswertung ermöglichten. Die hier fehlenden Werte in den einzelnen Kolonnen wie die drei in III, 3 , oder der eine aus V, 2 neben dem anderen aus IV, 1, sind nicht notiert, um das Ergebnis nicht zu verfälschen. Sie sind durch Eindrücke entstanden, die eine deutliche Verzerrung aufwiesen, meist weil die Grenze der auf der Facette ausgesuchten planen Fläche erreicht wurde und dieser Eindruck sich dann zum Teil über die dort beginnende Konvexität erstreckte.

Die Tabelle III enthält eine einfache graphische Gegenüberstellung der arithmetischen Mittelwerte der vorhergehenden Tabelle. Es soll deutlich gemacht werden, daß der

Tabelle II

Mit dem Kleinhärteprüfer Durimet ermittelte Knoop' sche Härte (HK in kg/mm^2) von 6 Schmelzfacetten (I - VI mit unverletzter Oberfläche, 1 = vor Säureeinwirkung, 2 = während Säureeinwirkung bzw. Rauhigkeit, 3 = nach Abklingen der Rauhigkeit. Vergleiche hierzu abb. 6-8 und 9-11 (Deutlich asymetrische Eindrücke wie die hier in III, 3 fehlenden, wurden nicht zur Auswertung herangezogen!)

I	1	2	3
	393,8	444,8	367,4
	403,2	456,0	359,4
	393,8	467,6	351,4
	413,0	413,0	359,4
	351,4	336,2	375,8
	315,2	384,6	433,6
		384,6	423,2
			375,8

II	1	2	3
	248,6	296,4	322,0
	248,6	284,6	308,8
	227,0	279,0	279,0
	223,0	336,2	296,4
	253,4	322,0	308,8
	343,6	290,4	351,4
		279,0	290,4
			315,2

III	1	2	3
	336,2	351,4	284,6
	359,4	359,4	284,6
	359,4	351,4	322,0
	308,8	351,4	329,0
	322,0	322,0	423,2
	343,6	351,4	
		351,4	

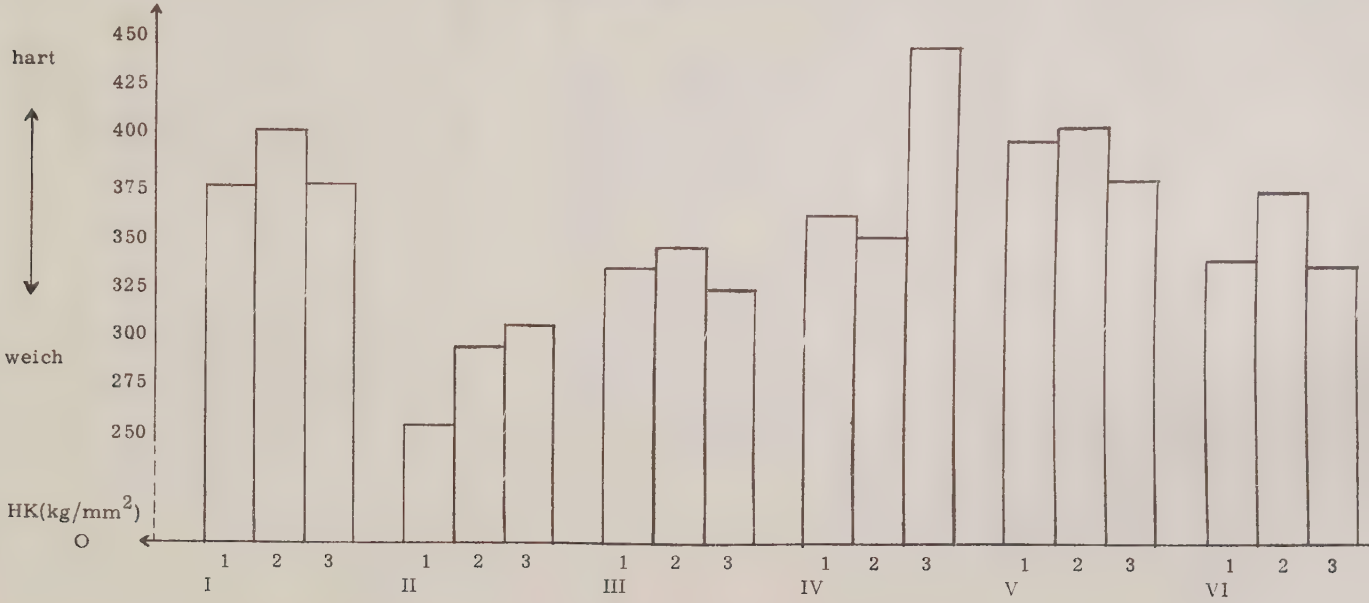
IV	1	2	3
	384,6	375,8	413,0
	384,6	375,8	433,6
	359,4	351,4	506,0
	343,6	351,4	597,6
	351,4	359,4	519,6
	367,4	343,6	403,2
		336,2	375,8
			329,0

V	1	2	3
	375,8	403,2	367,4
	433,6	393,8	375,8
	384,6	506,0	375,8
	456,0	444,8	375,8
	456,0	393,8	548,8
	308,8	308,8	315,2
			315,2

VI	1	2	3
	322,0	375,8	413,0
	351,4	403,2	423,2
	315,2	375,8	336,2
	351,4	393,8	308,8
	375,8	359,4	308,8
		351,4	351,4
		375,8	343,6
			336,2

Tabelle III

Graphische Darstellung der Meßergebnisse aus Tabelle II durch Gegenüberstellung des jeweiligen arithmetischen Mittelwertes



zu erwartende signifikante Abfall der Knoop'schen Härte, der in einer kleinen mittleren Säule seinen Ausdruck finden müßte, mit einem nachfolgenden Härteanstieg, höhere oder mit der ersten identische, letzte Säule, nicht eingetreten ist.

Bei diesem Vergleich ist außer bei IV bei allen anderen Facetten ein Anstieg der Knoop'schen Härte um durchschnittlich 25 Knoop'sche Härteeinheiten bei der Messung direkt nach Säureeinwirkung feststellbar. Dieser Befund bedarf einer Erklärung:

CALDWELL, MUNTZ, GILMORE und PIGMAN (61) haben gemeinsam 1957 unseres Wissens nach als einzige, wie hier geschehen, Härteprüfungen der natürlichen, also nicht bearbeiteten Schmelzoberfläche vorgenommen. Während sonst nur Messungen an angeschliffenen und polierten Schmelzoberflächen oder Schmelzquerschliffen vorgenommen wurden, also keine Messung der ursprünglichen Oberfläche stattfand. Sie kamen dabei zu dem erstaunlichen Ergebnis, daß selbst aufeinander folgende Abdrücke, die nur 60 µ voneinander entfernt waren, erhebliche Abweichungen ergaben. Diese wurden von ihnen auf die sicher noch immer vorhandene geringe Krümmung der Schmelzoberfläche und der damit verbundenen Meßungenauigkeit, aber auch auf örtliche, von der Oberfläche nicht zu erklärende Härteunterschiede zurückgeführt. Sie gaben für untere Frontzähne in einem jeweils kleinen abgegrenzten Bezirk Härtewerte von 300 - 463 Knoop'sche Einheiten bei 500 g Prüfgewicht an, mit einem Durchschnitt von 399 $\pm$ 49. Ihre weiteren Ausführungen erfahren durch diese

Ergebnisse eine Bestätigung.

Mit Hilfe der Mikrohärteprüfung konnten also keine Veränderungen des Schmelzes festgestellt werden, die ermittelten Werte liegen innerhalb der Variationsbreite.

3. Elektronenoptische Vergleichsuntersuchung

In dem mikrokristallinen System aus organischen und anorganischen Bestandteilen, wie der Aufbau des Schmelzes heute auf Grund elektronenmikroskopischer Untersuchungen dargestellt wird, (HELMCKE (62) und LENZ (63)) muß der Beginn eines destruktiven Prozesses durch Säuren an den Bausteinen, den Hydroxylapatitkristallen, gesucht werden. Hier kommt es dann je nach Art der Säureeinwirkung zur Zerstörung der Kristalle selbst oder zur Spaltbildung in den Kristallgrenzen, somit zu einer Gefügeauflockerung. Diese Auflockerung ermöglicht ein leichtes Schneiden der Schmelzpräparate und gibt so bei der Präparationstechnik schon wertvolle Hinweise. Die Facetten des Versuches, sowohl vor als nach dem Kontakt mit Fruchtsäuren im Munde ließen sich außerordentlich schwer schneiden.

Die Abbildung 12 zeigt in 50 000 facher Vergrößerung eine Facette vor der Fruchtsäureeinwirkung (Id in der Versuchsanordnung!)

Abbildung 13 stammt von einer Facette aus Punkt II d des Versuches, die also mit einem Fruchtsaft Kontakt bis zur spürbaren Rauhigkeit der Oberfläche besaß. Beide Präparate zeigen keine einer partiellen Entkalkung ähnliche Auflockerung

oder Zerstörung des Schmelzgefüges. Die hier auf den Abbildungen 12 und 13 sichtbaren Mikrobrüche sind präparationsbedingte Artefakte. Sie sind nicht mit einer Auflockerung der Kristall= packung, wie sie bei einer Entkalkung eintritt, identisch. Zum Vergleich zeigt Abbildung 14 ein Präparat einer Facette aus dem ersten Versuch, dort als Prüfkörper 2 bezeichnet. Der Schmelz war hier über 10 Minuten reinem Fruchtsaft im Reagenzglas bei 37^{o} Celsius ausgesetzt. Beherrschend ist die Auflockerung des Schmelzverbandes. Es sind interkristalline Lücken entstan= den durch Lösung von Teilen der organischen Matrix und der leichter löslichen anorganischen Verbindungen. Deutlich sind die von AWAZAWA (64) , LENZ (56) und SCOTT (65) beschriebenen Defektbildungen im Sinne von Ätzdefekten an den einzelnen Kristallen zu beobachten.

V. Diskussion

Bei der Einwirkung von Säuren auf den Zahnschmelz kommt es, wie schon seit langem bekannt, und hier in den Lösungsversuchen noch einmal reproduziert, zu einer Schädigung des Schmelzes durch mehr oder weniger umfangreiche Auflösung der Hydroxylapatitkristalle. Das bei der Einwirkung von Säuren in der Mundhöhle spürbare Phänomen der "rauhen Zahnoberflächen" wurde bisher mit dieser Auflösung identifiziert. Bei der genauen Prüfung dieser Vorgänge wurde offenbar, daß die Zähne unter den physiologischen Bedingungen der Mundhöhle, das heißt mit erhaltenem Schmelzoberhäutchen und unter ständigem Zutritt von Speichel keine mit einer Säureverletzung der Oberfläche vergleichbare Schädigung erfahren. Es ist weder eine morphologisch faßbare Veränderung der Oberfläche sichtbar, noch ist eine Strukturveränderung tieferer Schichten feststellbar. Unter besonderen Voraussetzungen wirdbei erhaltener Oberfläche nach Säureeinwirkung ebenso wie bei beginnender Karies eine demineralisierte Zone im Schmelz beschrieben. Vergl. BROSOWSKY (66), DARLING (68, 69) und PROELL (67). Bereits bei elektronenmikroskopisch gerade faßbaren Veränderungen liefert die Mikrohärteprüfung schon signifikante Meßwerte. Die Frage ist, was geschieht bei Säureeinwirkung in der Mundhöhle, wenn die vergleichenden Untersuchungen mit Methoden, die diese Tatsachen berücksichtigen, alle negative Befunde liefern. Es muß sich

um Vorgänge handeln, die für das Phänomen der dabei auftreten= den "rauhen Zahnoberflächen" verantwortlich sind, sich jedoch nicht direkt am Schmelz abspielen.

Da die Rauhigkeit auf der Zahnoberfläche verspürt wird, der Schmelz selbst aber unverändert bleibt ist es naheliegend, das Schmelzoberhäutchen oder einen Teil desselben für die bekannten Empfindungen verantwortlich zu machen. Welche Bedeutung die in dem sogenannten Schmelzoberhäutchen nachgewiesenen Mucopolysaccharide, bzw., die an den Oberflächen in der Mundhöhle fixierten Mucine des Speichels bei den Veränderungen von Glattempfindung zu Rauhempfindung besitzen, konnte nicht aufgeklärt werden. Es lassen sich diese Gemische hochmolekularer Zuckerverbindungen zwar anfärben, (vergl. SCHÜLE (60) doch ist es nicht gelungen Quellungs- oder Entquellungsvorgänge durch Wasseraufnahme oder Wasserabgabe bei Verschiebung der Wasserstoffionenkonzentration, die für eine Schlüpfrigkeit dieser Substanzen verantwortlich sind färberisch sichtbar zu machen.

Die Vermutung liegt nahe, daß diese Membran in Verbindung mit dem Speichel eine Schutzfunktion ausübt, wie sie u.a. MANNERBERG (43) und NAESLUND (49) beschrieben haben. Sicher kein Mechanismus im Sinne einer Remineralisation, denn es ist nicht die Rede davon, daß innerhalb weniger Minuten, wie in dem hier zu behandelnden Falle angenommen werden muß, ein Defektausgleich eintreten kann. Bei der Einwirkung saurer Substanzen erfährt diese Membran eine von uns fühlbare Veränderung, deren Morphologie noch nicht beschrieben werden kann,

wobei aber sicher die Hartsubstanz der Zähne vor einer Destruktion bewahrt bleibt.

VI Zusammenfassung

Es wurde der Versuch unternommen, das Phänomen der "kurzzeitig rauhen bzw. stumpfen Zahnoberflächen" nach dem Genuß saurer Nahrungsmittel aufzklären. Hierzu wurden folgende Untersuchungsmethoden verwandt:

I. In vitro Versuche

I, 1 Makroskopische Kontrolle der Veränderungen des Schmelzes durch kurzzeitige Fruchtsäureeinwirkung mit und ohne Speichelzusatz bei gleichzeitiger Bestimmung der Wasser= stoffionenkonzentration in den Lösungen.

I, 2 Lichtmikroskopischer Vergleich der Versuchszähne durch Verwendung von Adhäsionsreliefabdrücken der Schmelz= oberfläche.

II. In vivo Versuche

II, 1 Lichtmikroskopischer Vergleich von Reliefabdrücken im Munde befindlicher Zähne vor, während und nach dem be= schriebenen Phänomen.

II, 2 Mikrohärteprüfung in den drei Phasen an Zähnen, die an einem prothesenähnlichen Körper im Munde getragen wurden; Gegenüberstellung der Meßwerte.

II, 3 Elektronenoptischer Vergleich des kristallinen Gefüges des Schmelzes dieser Zähne in den drei Stadien.

Die Untersuchungen ergeben, daß der Schmelz der im Munde befindlichen Zähne bei kurzzeitiger Säureeinwirkung durch Nahrungs - oder Genußmittel mit dem damit verbundenem Ge= fühl der Rauhigkeit keinerlei sicht - oder meßbare Veränderung

erfährt.

Es wird diskutiert, ob an dem Gefühl der Rauhigkeit eine reversible Veränderung der Struktur des sogenannten exogenen Schmelzoberhäutchens durch die pH Verschiebung verantwortlich sein könnte.

VII. Literaturverzeichnis

9 Abloff, W.A. Der Zustand der Zähne bei den Arbeitern in Pulverfabriken (rauchlose Pulver) Dtsch. zahnärztl. Wschr. 6, 437, 1902

2 Allport, W. W. Über Zahnkrankheiten (Vortrag vor der Medizinischen Gesellschaft zu Chicago) Zahnarzt, Konstanz 13, 161, 1858

55 Atkinson, H. F. Saunsbury P. An Investigation into the Hardness of Human Enamel Brit. Dent. J. 94, 249, 1953

64 Awazawa, Y Electron Microscopy of Carious Dental Enamel, with Particular Reference to Development Behavior of Initial Dental Caries J. Nihon Univ. School Dent. 3, 79, 1960

10 Blum, Cora Ist die Arbeit mit Säuren schädlich für die Zähne Diss. Kiel 1921

66 Brosowsky, A. Veränderungen am Menschlichen Zahnschmelz Dtsch. zahnärztl. Z. 20, 673, 1965 (Kariesheft)

30 Buonocore, M.G. und Bibby, B.G.
The Effects of Various Ions on
Enamel Solubility
J. Dent.Res. 24, 103, 1945

61 Caldwell, Muntz, Gilmore, Pigman
Microhardness Studies of intact Enamel
Surface
J.Dent.Res. 36, 732, 1957

4 Castle, A.C. Gastric Acids - Their Deleterious Influence
on the Teeth
Dent.Cosmos 7, 514, 1865-66

68 Darling, A.J. Studies of the early lesion of Enamel Caries
with transmitted light, polarized light and
Radiography
Brit.Dent.J. 101, 289, 1956

69 Darling, A.J. The Pathology and Prevention of Caries
Brit.Dent.J. 107, 287, 1959

19 Erlemann, Rudolf Fruchtsäure und Zahncaries
Diss.Würzburg 1921

38 Graf, Franz Über die Entkalkung des Zahnschmelzes
durch Fruchtsäfte und Tafelgetränke
Schweiz.Mschr.Zahnhk. 63, 3, 1953

31 Gray, J.A. und Francis, M.D.
Physical Chemistry of Enamel Dissolution
aus Sognnaes, R.F.: Mechanism of hard tissue destruction, Publication Nr. 75 of the American Association for the Advancement of Science, Wash.D.C. 213,1963

20 Head, J.
Enamel Softening and rehardening as a factor in erosion
Dent. Cosmos 52, 46,1910

53 Head, J.
A study on saliva and its action on tooth enamel in reference to its harding and softening
J.Amer.Dent.Ass. 59, 2118,1912

32 Hekneby, M.
Untersuchungen über die Korrosionsfähigkeit verschiedener Säuren gegenüber Schmelz und Dentin
Schweiz.Mschr.Zahnhk. 57, 53,1947

62 Helmcke, J.G.
Atlas des menschlichen Zahnes im elektronen=mikroskopischen Bild Teil I und Teil II
Transmare - Photo 1953

12 Hentze
Die Beziehungen der Zahnheilkunde zu Gewerbekrankheiten
Zahnärztl.Rdsch.Berlin 34, 699,1925

52 Heuser, H.
Zur Frage der Struktur der Schmelz-Dentin Grenze im Mikroreliefbild
Stoma 9, 3,1956

40 Holloway, P.J., Mellanby M, Stewart, R.J.C.
Fruit Drinks and Tooth Erosion
Brit. Dent. J. 104, 305, 1958

1 Hübner, O
Über Säureeinwirkung im menschlichen Gebiß
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 35, 625, 1932

15 Kirstein, F.
Die Beschaffenheit der Luft in den Lade - und Formierräumen von Akkumulatoren
Dtsch. Vjschr. öff. Gesd.pfl. 34, 2, 1902

59 Klees, L. und K.
Über die Regenerationsfähigkeit des Schmelz= oberhäutchens
Stoma 11, 58, 1958

42 Knappwost, A.
Grundlagen der Resistenztheorie der Karies mit einem Beitrag über die karieshemmende Wirkung peroraler Fluorgaben
Dtsch. zahnärztl. Zschr. 7, 67, 1952

48 Koulourides, T.
Remineralisation of Enamel and Dentin
D. Clin. N. America 485, July 1962

28 Kraus, A.
Zur Frage der experimentellen De- und Remineralisation des Zahnschmelzes
Dtsch. Mschr. Zahnhk. 49, 833, 1931

7 Latimer, C.E.
Effect of acids upon the teeth
Dent. Cosmos 10, 287, 1868

56 Lenz, H., Rossinsky, K. und Mühlemann, H.R.
Elektronenoptische Studien der Oberfläche und der Tiefen des initialen künstlichen White spot
Schweiz. Mschr. Zahnhk. 74, 654, 1964

63 Lenz, H. Das Problem der Remineralisierung des Schmelzes;
Vortrag vor der Medizinischen Wissen= schaftlichen Gesellschaft für Zahn - Mund - und Kieferkrankheiten
Leipzig, 14.9.1964

33 Lovestedt, S.A. Decalcification of the crowns of teeth in situ
Amer. J. Orthodont, 30, 52, 1944

24 Mannerberg, F. Changes in the Enamel Surface in Cases of Erosion (A Replica Study)
Archiv. Oral. Biol. 4, 59, 1960

25 Mannerberg, F. Appearence of Tooth Surface as observed in shadowed Replicas in various age groups, in long term studies, after tooth brushing, in cases of erosion and after exposure to citrus fruit juice.
Odont. Revy 11, 1, 1960

39 Mannerberg, F. Effect of lemon juice on different types of Tooth Surface
Acta Odont. Scand. 20, 153, 1962

43 Mannerberg, F. Saliva Factors in Cases of Erosion
Odont Revy 14, 156, 1963

6 Mantegezza, P. Versuche über die Einwirkung des Zuckers und gewisser Säuren auf die Zähne
Dtsch. Vjschr. Zahnhk. 4, 320, 1864

34 Mc. Clure, F. J. The Distructive Action, in Vivo, of Dilute Acids and Drinks and Beverages on the Rats Molar Teeth
J. Nutrit. 26, 251, 1943

58 Meier, Herrmann Das Verhalten der Härte vorentkalkten Schmelzes unter dem Einfluß einiger Fluoride und Phosphate
Diss. Zürich und Tübingen 1964

17 Miller, W. D. Über die Transparenz des Zahnbeins und die Wirkung von Säuren auf den Schmelz
Dtsch. Mschr. Zahnhk. 21, 182, 1903

16 Miller, W. D. Versuche und Beobachtungen über den Schwund der harten Zahngewebe
Schweiz. Vjschr. Zahnhk. 17, 131, 1907

14 Misch, J. Lehrbuch der Grenzgebiete der Medizin und Zahnheilkunde
Leipzig 1923

29 Mörch, T.; Torell, P.; Hals, E.
Effect of topically applied agents on enamel (Two parts)
I Acta Odont. Scand. 14, 335, 1956
II Acta Odont. Scand. 15, 115, 1957

23 Mühlemann, H. R. Experimental Modefications of the Enamel Surface
Helvet. Odont. Acta 4, 5, 1960

41 Mühlemann, H.R. Zur Erosion des Zahnschmelzes
DDZ 16, 328, 1962

35 Muller, R.F. und Thomas, J.F.
Acid Decalcification of Rat Molar Teeth in vivo
J. Dent. Res. 28, 675, 1949

49 Naeslund, C. Untersuchung über die Fähigkeit des Speichels, in den Mund gebrachte Säuren zu neutralisieren und seine Bedeutung als Schutz gegen die entkalkende Wirkung von Frucht und anderen Säuren in Speisen und Getränken.
Svensk. tandläk. -tskr. 26, 1, 1933

3 Napier, W. Über den Einfluß der Säure auf die Zähne
Referiert in Dtsch. Vjschr. Zahnhk.
6, 143, 1866

22 Peetz, H. Säureeinwirkung auf den Zahnschmelz
Dtsch. Mschr. Zahnhk. 47, 387, 1929

36 Prader, F. Die Milchsäureentkalkung des Zahnschmelzes
Schweiz. Mschr. Zahnhk. 58, 83, 1948

67 Proell, F. Neue Untersuchungsergebnisse der Kariesursachenforschung
Öster. Zschr. Stom. 57, 111, 1960

46 Rheinwald, U. und Staehle, G.
Untersuchungen zur Frage der Remineralisation des Zahnschmelzes
Stoma, Konstanz, 4, 259, 1949

54 Schirbort, Karl Physikalische Untersuchungen über die Nachhärtung des menschlichen Zahn= schmelzes
Diss. Berlin 1963

47 Schlatter, Paul Untersuchungen der Remineralisation mechanischer Schmelzlaesionen.
Diss. Zürich 1962, Juris Verlag

60 Schüle, H. Das Schmelzoberhäutchen
Georg Thieme Verlag Stuttgart 1962

65 Scott, D.B. Microscopic studies of dental tissue
II. Optical Microscopy of Tooth Surface
Oral.Surg.Oral Med. and Oral Path.
5, 638, 1952

51 Scott, B. und Wycoff, W.G.
Shadowed Replicas of Tooth Surface
Publ.Health.Rep. 61, 697, 1946

37 Shulemann, E. und Robinson, B.G.
Salivary citrate content in Patients with and without Erosion
J.Dent.Res. 26, 452, 1947

70 Soni, N.N. und Brudevold, F.
Microradiographie and polarized light studies of artificially produced lesions.
J.Dent.Res. 39, 233, 1960

18 Stegen, Herrmann Über Säurewirkung auf Zähne
Diss. Marburg 1921

57 Stein, Ulrich — Die thermischen und mechanischen Einflüsse auf die Zahnhartsubstanzen menschlicher Zähne durch normal, hoch- und höchsttourige Präparation
Diss. Berlin 1963

27 Sullivan, H. R. — The Solubility of Enamel Surfaces
J. Dent. Res. 33, 504, 1954

26 Swartz, M. L.; Philipps, R. W. — Solubility of Enamel on Areas of known Hardness
J. Dent. Res. 21, 303, 1942

11 Tholuck, H. J. — Gewerbliche Schädigung der Zähne und Zahnfüllungen
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 26, 284, 1923

8 Vogt, R. — Gesundheitliche Gefahren für die Nitrierarbeiter in Pulverfabriken
Dtsch. Vjschr. öff. Gesd. pfl. 30, 566, 1898

21 Walter, Paul — Erdsalzgehalt des Trinkwassers und Kariesfrequenz in der Schweiz. 1. Beitrag zur gesamtschweizerischen Statistik
Diss. Zürich 1921

44 Weber, R. — Experimentelle Untersuchungen über die Frage der Remineralisation des Zahnschmelzes durch den Speichel
Zschr. Stomat. 27, 912, 1929

5 Weld, G.W. The injourious effects of vegetable and mineral acids upon the enamel of the human teeth, with some curious illustrations
Dent.J. 12, 501, 1891

13 Wetje, Hanns Die Zahn- und Mundverhältnisse bei Arbeitern in Schwefelsäurefabriken und verwandten Betrieben.
Diss.Kiel 1921

50 Wolf, J. Über die Herstellung mikroskopischer Präparate der Oberflächen verschiedener Objekte mit Hilfe der Adhäsionsmethode
Zschr.wiss.Mikroskopie 56, 181, 1939

45 Wolf, J. und Neuwirth, F.
Reparative Vorgänge an der Oberfläche natürlich und künstlich hervorgerufener Schmelzdefekte
Dtsch.Zahn -, Mund - und Kieferhk.
8, 222-228, 349-382, 1941

Abb. 1, Vergr. 300 fach, Erosion nach Einwirkung von reinem Fruchtsaft über 10 Minuten an der Grenze der Fensterung. Rechts in der Abbildung die durch die Abdeckung unverletzt gebliebene Schmelzoberfläche.

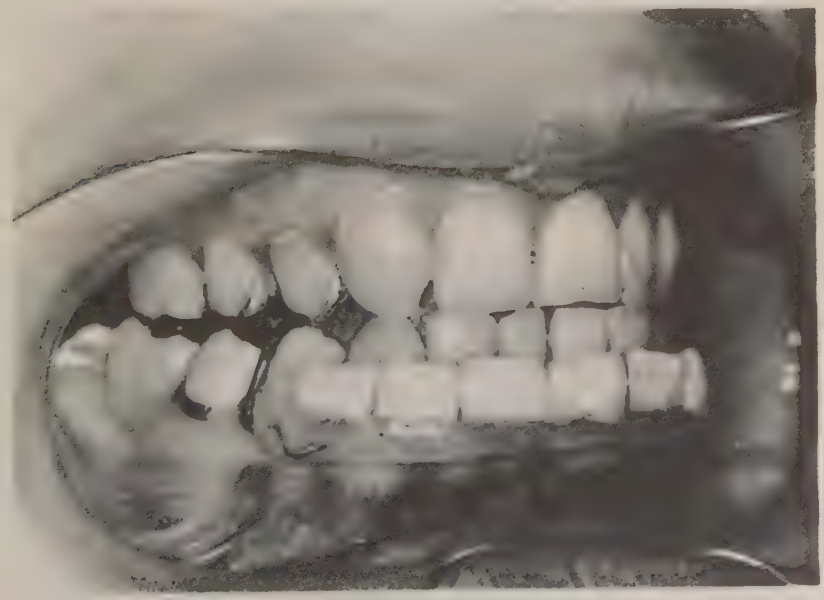


Abb. 2, ein Kunststoffkörper im Vestibulum der Unterkiefer-Front, der im Hauptversuch zur Aufnahme der Schmelzfacetten diente.

Abb. 3
Eine Markierung auf der labialen Fläche von + 1 im Munde
VOR
Säureeinwirkung

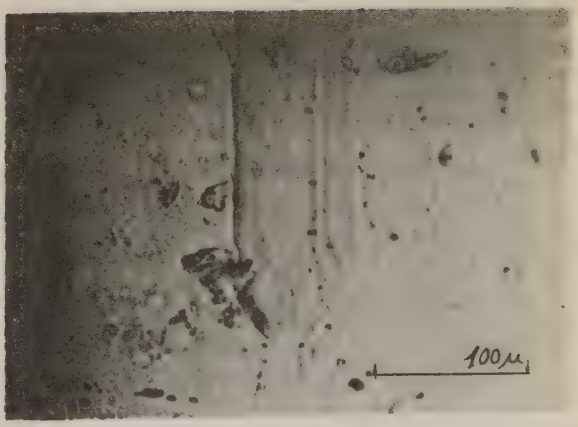


Abb. 4
WÄHREND
deutlich empfundener Rauhigkeit der Frontzähne

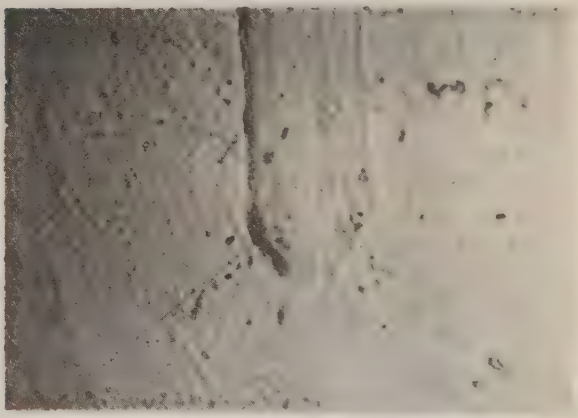


Abb. 5
NACH
Abklingen der Empfindung (nach 3 Minuten)
Alle 3 Aufnahmen Vergr. 300 fach.

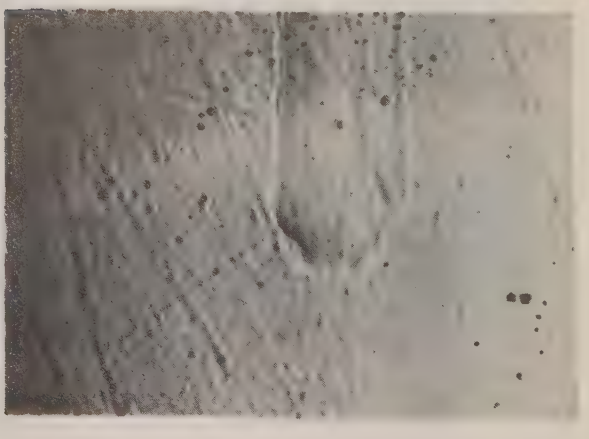


Abb. 6 - 11
Eindrücke des Knoop-Diamanten zur Härtemessung des natürlichen, d.h. nicht plangeschliffenen Schmelzes.
Vergr. etwa 180 fach.
Vergl. hierzu S. 26

I, 1

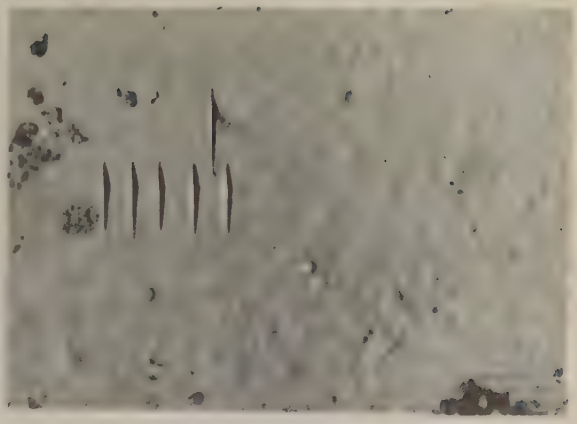


Abb. 7

I, 2

Abb. 8

I, 3

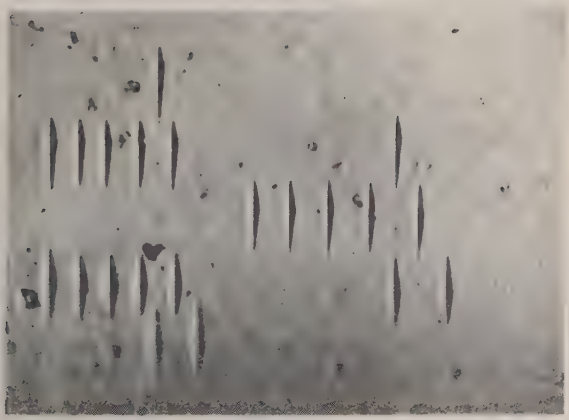


Abb. 9
II, 1

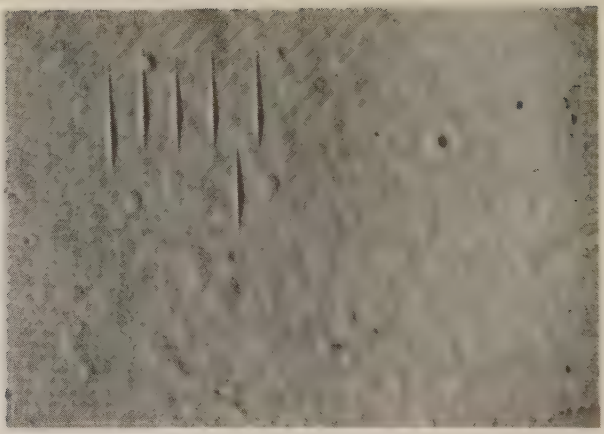


Abb. 10
II, 2

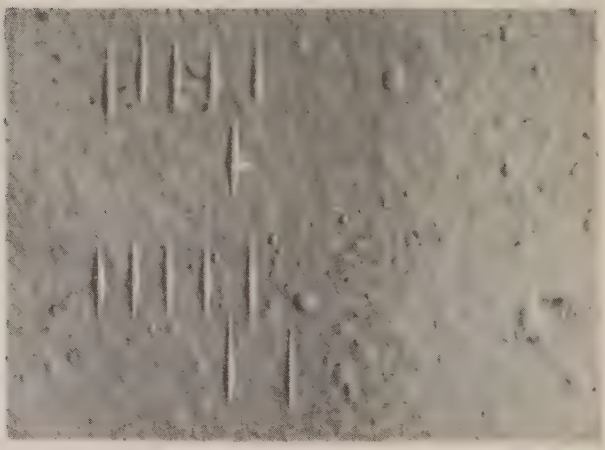


Abb. 11
II, 3

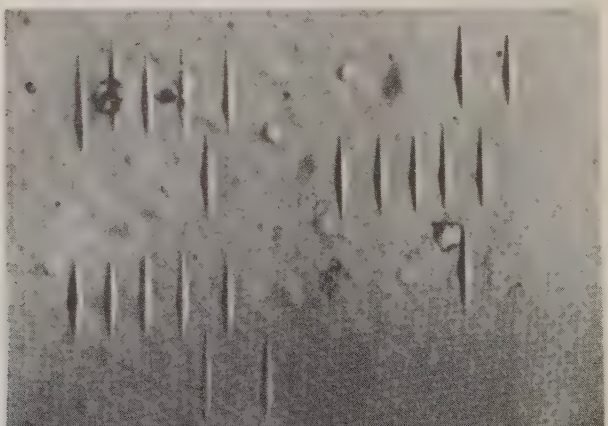


Abb. 12 Schmelzschnitt einer Facette vor Fruchtsäureeinwirkung im Munde

Abb. 13 Aus einer anderen Facette nach Fruchtsäureeinwirkung im Munde
(Vergr. jeweils 50 000 X)

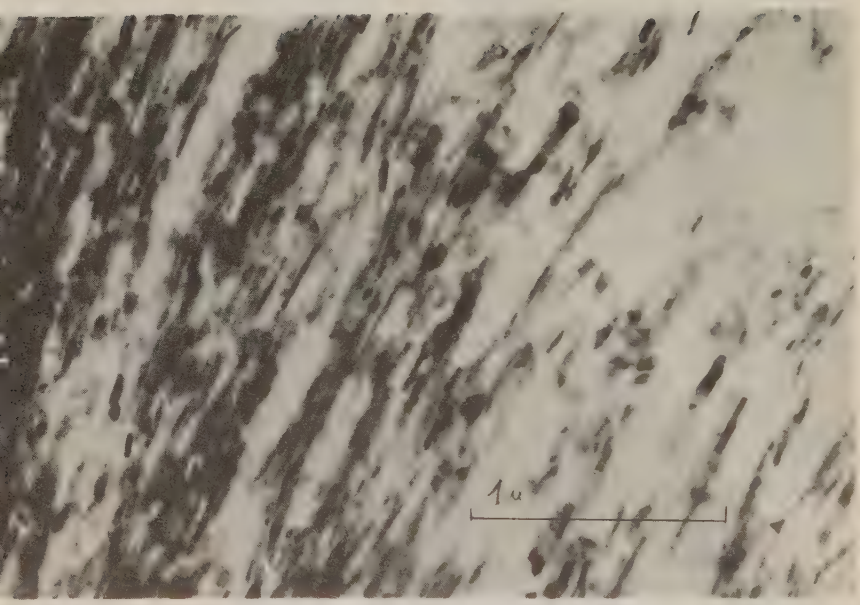


Abb. 14. Schnitt aus einer Schmelzfacette nach Entkalkung durch Zitronensaft über 10 Minuten ohne Speichelzusatz. Interkristalline Lücken und Ätzdefekte. (Vergr. 50 000 fach)

Herrn Professor Dr. med. Dr. med. dent. Ewald Harndt möchte ich an dieser Stelle meinen Dank für die freundliche Überlassung des Themas und für die mir in seinem Institut so großzügig gewährte Unterstützung aussprechen.
Herrn Dr. Wandelt und Herrn Dr. Köhler danke ich für ihr freundliches Entgegenkommen und die vielen Anregungen.
Herrn Dr. Lenz fühle ich mich durch die stete Hilfsbereitschaft, durch die Anleitung zur Herstellung der elektronenmikroskopischen Präparate und sein Bemühen um deren Auswertung zu besonderem Dank verpflichtet.

Curriculum Vitae

Am 20. September 1939 wurde ich, Joachim Liß, als zweites Kind des Dentisten Erich Liß und seiner Ehefrau Ida, geb. Huhndorf geboren und evangelisch getauft. Vom Septem= ber 1945 bis 1951 besuchte ich die 18. Grundschule, dann bis März 1954 das Rheingau - Gymnasium, beide zu Berlin-Friede= nau.

Im Oktober 1957 legte ich vor einem Kollegium des Senators für Volksbildung in West-Berlin nach privater Vorbereitung die Reifeprüfung für Nichtschüler ab.

Vom April 1958 an studierte ich an der Freien Universität Berlin Zahnmedizin, bis ich nach bestandenem Staatsexamen am 3. März 1964 die Bestallung erhielt.

Nach halbjähriger Tätigkeit bei einem Privatzahn= arzt bin ich seit September desselben Jahres Assistent der Abteilung für Zahnerhaltung der hiesigen Klinik.